Synthesis of Highly Conformal Titanium Nitride Films Via Tert-Butyl Chloride-Assisted Atomic Layer Deposition

2023 · DOI: 10.2139/ssrn.4556470

초록 기반score 9.0

1. 한 줄 요약 — Tert-butyl chloride(TBC)를 보조 반응물로 활용해 고종횡비 구조에서도 우수한 단차피복성(conformality)을 갖는 TiN 박막을 원자층증착(ALD)으로 합성한 연구로 추정되나, 초록과 원문이 모두 제공되지 않아 세부 공정·수치는 확인 필요.

2. 연구 배경

TiN은 Cu 배선의 확산 방지막(diffusion barrier), DRAM 커패시터 전극, 금속 게이트 등 반도체 소자에서 널리 쓰이는 재료로, 소자 미세화에 따라 고종횡비(high aspect ratio) 구조에 균일하게 증착할 수 있는 컨포멀 박막 형성 기술이 요구된다. 기존 TiN ALD 공정은 주로 TiCl4를 Ti 전구체로 하고 NH3를 질화제로 사용하는 열적 ALD 방식이 대표적인데, 이 방식은 부산물인 염소(Cl) 잔류로 인한 저항 증가와 부식 문제, 그리고 낮은 온도에서의 불완전한 반응으로 인한 막질 저하가 한계로 지적되어 왔다. 또 다른 접근으로는 플라즈마 강화 ALD(PEALD)를 이용해 반응성을 높여 저온에서도 우수한 막질을 얻는 방법이 있으나, 플라즈마 노출이 어려운 3차원 고종횡비 구조에서는 플라즈마 종의 확산 한계로 인해 상부와 하부의 막 두께 편차(단차피복성 저하) 문제가 발생한다. 본 논문은 이러한 한계를 극복하기 위해 tert-butyl chloride를 보조 반응물로 도입하여 표면 반응을 조절함으로써 컨포멀리티를 개선하려는 시도로 보이나, 구체적 메커니즘은 원문 확인이 필요하다.

3. 핵심 기여

1) TBC를 보조 반응물로 활용하는 새로운 TiN ALD 공정 경로를 제시(추정). 2) 고종횡비 구조에서의 단차피복성 개선을 목표로 한 공정 최적화(추정). 3) 구체적인 성막 메커니즘, 온도 윈도우, 불순물 함량 등 세부 성과는 원문 확인 필요.

4. 재료·소자 구조

재료는 TiN 박막이며, 증착 방법은 원자층증착(ALD)이다. Ti 전구체 종류(예: TiCl4 또는 유기금속 Ti 전구체 여부), 질화제(NH3, N2 plasma 등), 그리고 TBC의 정확한 역할(염소 공급원, 리간드 교환 보조제, 부산물 제거제 등)은 초록과 원문이 없어 확인할 수 없다. 기판 종류, 증착 온도, 반응 사이클 구성 등 공정 세부사항도 원문 확인이 필요하다.

5. 주요 성능 수치

- 단차피복성(step coverage): 초록 미기재 — 원문 확인 필요
- 비저항(resistivity): 초록 미기재 — 원문 확인 필요
- 성장률(growth per cycle): 초록 미기재 — 원문 확인 필요
- 불순물 함량(Cl, C, O 등): 초록 미기재 — 원문 확인 필요

- 증착 온도 범위: 초록 미기재 — 원문 확인 필요

6. 기존 기술과의 비교

기존 TiCl4/NH3 열적 ALD TiN 공정 대비, 혹은 PEALD TiN 공정 대비 이 논문이 어떤 정량적 개선(예: 종횡비별 단차피복성 %, 비저항 μΩ·cm 값)을 이뤘는지는 초록과 원문이 없어 비교할 수 없다. 정량 비교 가능한 문헌이 명시되지 않았으며, 실제 비교 대상 및 수치는 원문 확인이 필요하다.

7. 산업 적용 가능성

TiN은 반도체 Cu 배선 확산방지막, DRAM/3D NAND 커패시터 전극, MIM 커패시터 등에 핵심적으로 쓰이는 재료이므로, 컨포멀리티가 개선된 TiN ALD 공정이 실제로 검증된다면 첨단 로직 및 메모리 공정에 즉각적인 적용 잠재력이 있다. 다만 양산 적용을 위해서는 열예산(thermal budget), 불순물 제어, 장비 호환성 등 추가 검증이 필요하며 이는 원문 확인이 필요한 부분이다.

8. 한계와 남은 과제

초록과 원문이 모두 제공되지 않아 실험 조건, 정량적 성능, 재현성, 장기 신뢰성 등 핵심 정보를 판단할 수 없다는 것이 가장 큰 한계이다. TBC 사용에 따른 부식성 부산물(HCl 등) 생성 여부와 이를 처리하기 위한 공정 복잡도 증가 가능성도 원문에서 확인이 필요한 잠재적 한계로 예상된다.

9. 연관 논문

- TiCl4/NH3 기반 열적 ALD TiN 공정에 관한 선행 연구들 — Cl 잔류와 저온 반응성 한계를 다룸(구체적 문헌은 원문 확인 필요).
- PEALD를 이용한 TiN 박막 저온 성막 연구 — 플라즈마를 이용해 막질은 개선했으나 고종횡비 구조에서의 컨포멀리티 한계가 보고됨(구체적 문헌은 원문 확인 필요).
- 실제 인용 목록은 원문 확인 필요.

10. 선정 이유

TiN ALD는 반도체 배선 및 커패시터 공정에서 산업적 중요성이 매우 크며, 컨포멀리티 개선이라는 명확한 기술적 난제를 다루는 주제라는 점에서 서고 내 상위권에 든 것으로 판단된다. 다만 현재 확보된 정보가 제목뿐이라 실제 novelty와 성능 우위는 원문 확인 후 재평가가 필요하다.

11. 키워드 태그

- TiN
- ALD
- conformality
- tert-butyl chloride
- diffusion barrier

- step coverage
- 고종횡비 구조
- 반도체 배선